

Минобрнауки России

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Борисов Дмитрий Николаевич
Кафедра информационных систем

03.05.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.12 Базовые протоколы и стандарты радиоканалов интернета вещей

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Встраиваемые вычислительные системы и интернет вещей

3. Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавриат

4. Форма обучения:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра информационных систем

6. Составители программы:

Савинков Андрей Юрьевич, д.т.н., профессор

7. Рекомендована:

рекомендована НМС ФКН 03.05.2023, протокол № 7

8. Учебный год:

2026-2027

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: формирование у студентов базовых знаний и навыков в части базовых принципов построения и работы радиоканалов интернета вещей.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение базовых технологий радиоканалов интернета вещей, включая методы множественного доступа, энергосбережения, модуляции и кодирования, принятые в радиоканалах интернета вещей
- знакомство с основными телекоммуникационными стандартами для радиоканалов интернета вещей
- приобретение практических навыков оптимизации и оценки качества функционирования радиоканалов интернета вещей

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина относится к части блока Б1.В, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые при изучении следующих дисциплин: Информационные технологии, Инфокоммуникационные системы и сети, Электроника, Введение в интернет вещей, Технологии беспроводной передачи данных, Программирование микроконтроллеров

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки),соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует в рамках поставленной цели круг задач, соответствующих требованиям правовых норм.	Знает основные возможности радиоканалов интернета вещей Умеет формулировать технические требования к радиоканалам интернета вещей в рамках поставленной цели Имеет навыки работы с технической документацией
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи с учетом возможных ограничений действующих правовых норм.	Знает стандарты радиоканалов интернета вещей Умеет находить оптимальный путь решения поставленной задачи Имеет навыки выбора путей решения поставленной задачи с учетом возможных ограничений
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.3 Решает конкретную задачу с учетом требований правовых норм.	Знает регуляторные ограничения по диапазонам частот и разрешенным мощностям передачи Умеет находить оптимальное техническое решение для конкретной задачи Имеет навыки оценивания эффективности предложенного технического решения для конкретной задачи

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час: 2/72

Форма промежуточной аттестации:

Зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 8	Всего
Аудиторные занятия	24	24
Лекционные занятия	12	12
Практические занятия	12	12
Лабораторные занятия		0
Самостоятельная работа	48	48
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	72	72

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Лекции		
1.1	Радиоканалы интернета вещей	Характеристики передаваемых данных и требования к пропускной способности радиоканала, диапазоны частот и мощности передатчиков, доступ к радиоканалу, проприетарные и стандартные решения для построения радиоканала, основные направления стандартизации	
1.2	Методы кодирования и модуляции в радиоканалах интернета вещей	Модуляция ASK, 2-FSK, 2-GFSK, 4FSK, 4-GFSK, MSK, OOK. Сверточный код ZTCC и TBCC, декодер Витерби, параллельный турбо-код.	
1.3	Методы энергосбережения в радиоканалах интернета вещей	Спящий режим, использование малопотребляющих сопроцессоров (TI SCE), снижения энергии, затрачиваемой на один бит передаваемой информации, HARQ, отключение приемника (WOR, согласование окна приема)	
1.4	Стандарты радиоканалов интернета вещей	Сети LPWAN, стандарты LoRa, Sigfox, NB-Fi, интернет вещей в сотовых сетях (eMTC, EC-GSM-IoT, NB-IoT), интернет вещей в Wi-Fi (Wi-Fi HaLow на основе стандарта IEEE 802.11ah)	
2	Практические занятия		
2.1	Радиоканалы интернета вещей	Семинар по теме, обсуждение характеристик передаваемых данных и требований к пропускной способности радиоканала, диапазоны частот и мощности передатчиков, методы доступа к радиоканалу, проприетарные и стандартные решения, основные направления стандартизации	
2.2	Методы кодирования и модуляции в радиоканалах интернета вещей	Семинар по теме, обсуждение методов модуляции и кодирования в радиоканалах интернета вещей.	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
2.3	Методы энергосбережения в радиоканалах интернета вещей	Семинар по теме, обсуждение методов энергосбережения в радиоканалах интернета вещей	
2.4	Стандарты радиоканалов интернета вещей	Семинар по теме, осуждение и сравнение стандартов радиоканалов интернета вещей, изучение структуры стандартов, формирование навыков использования стандартов при решении конкретных задач	
3	Лабораторные работы		

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Радиоканалы интернета вещей	2	2		8	12
2	Методы кодирования и модуляции в радиоканалах интернета вещей	2	2		8	12
3	Методы энергосбережения в радиоканалах интернета вещей	2	2		8	12
4	Стандарты радиоканалов интернета вещей	6	6		24	36
		12	12	0	48	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина требует работы с файлами-презентациями лекций и соответствующими главами рекомендованной основной литературы, а также, обязательного выполнения всех лабораторных заданий в компьютерном классе.

Самостоятельная работа проводится в компьютерных классах ФКН с использованием методических материалов расположенных на учебно-методическом сервере ФКН fs.cs.vsu.ru/library и на сервере Moodle ВГУ moodle.vsu.ru. Во время самостоятельной работы студенты используют электроннобиблиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу www.lib.vsu.ru. Часть заданий может быть выполнена вне аудиторий на домашнем компьютере, после копирования методических указаний и необходимого ПО с учебно-методического сервера ФКН.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ли Перри. Архитектура интернета вещей / Ли Перри – Москва: ДМК Пресс, 2018 – 456 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Олифер, В. Г. Основы сетей передачи данных: вводный курс / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2003. – 192 с. // ЭБС Университетская библиотека. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=234533

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Библиотека ВГУ, http://www.lib.vsu.ru
2	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
3	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ", http://edu.vsu.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
2	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ", http://edu.vsu.ru

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Лекции-визуализации с демонстрацией иллюстративных и графических материалов, анимации, блок-схем алгоритмов и примеров исходного кода, демонстрацией выполнения команд операционной системой, лабораторные работы.

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория, оснащенная видеопроектором

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Радиоканалы интернета вещей	УК-2	УК-2.1	Собеседование
2	Стандарты радиоканалов интернета вещей	УК-2	УК-2.2	Собеседование
3	Методы кодирования и модуляции в радиоканалах интернета вещей Методы энергосбережения в радиоканалах интернета вещей	УК-2	УК-2.3	Собеседование

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Собеседование

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости выполняется по результатам работы на семинарах.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине

Компетенция УК-2

Задания закрытого типа

- 1) Какие из перечисленных далее требований являются обязательными при проектировании радиоканала интернета вещей
 - a) Минимальный расход энергии при выполнении требований по дальности связи и скорости передачи данных
 - b) Достижение максимальной дальности связи
 - c) Достижение максимальной скорости передачи
 - d) Обязательная передача подтверждения по каналу обратной связи
- 2) Технология LoRa
 - a) Использует узкополосный сигнал и частотное разделение каналов
 - b) Использует расширение спектра сигнала и кодовое разделение каналов
 - c) Использует для передачи данных оптический канал
 - d) Использует для передачи данных каналы сотовой связи
- 3) Технология NB-Fi
 - a) Использует узкополосный сигнал и частотное разделение каналов
 - b) Использует расширение спектра сигнала и кодовое разделение каналов
 - c) Использует для передачи данных оптический канал
 - d) Использует для передачи данных каналы сотовой связи
- 4) Переход к передаче данных в режиме non-IP в сетях 3GPP NB-IoT позволяет
 - a) Снизить накладные расходы (overhead) при передаче данных
 - b) Повысить дальность связи
- 5) Радиоканал 3GPP NB-IoT
 - a) Требуется обязательного выделения отдельного радиочастотного спектра
 - b) Может разделять спектр с существующими сетями GSM/LTE
- 6) Стандартизацией LTE NB-IoT занимается
 - a) IEEE
 - b) 3GPP
 - c) 3GPP2
 - d) IANA
- 7) В чем состоит основная идея режима LBT в радиомодеме
 - a) Перед началом передачи сообщения радиомодем должен прослушать эфир, чтобы убедиться, что канал не занят другими устройствами
 - b) Радиомодем должен обязательно использовать ППРЧ, чтобы не занимать один и тот же частотный канал на продолжительное время
 - c) После передачи сообщения радиомодем должен обязательно получить подтверждение от получателя данных
 - d) Перед началом передачи сообщения радиомодем должен прослушать эфир и выбрать параметры модуляции в соответствии с уровнем помех
- 8) В чем состоит основная идея режима WOR в радиомодеме
 - a) Приемник радиомодема должен непрерывно сканировать частотные каналы в некотором диапазоне
 - b) Радиомодем должен использовать режим прямого расширения спектра

- с) Приемник радиомодема должен периодически включаться на короткое время для прослушивания канала, если во время очередного включения приемник обнаружит сигнал в канале, то он должен продолжить работу и принять сообщение
- д) Передатчик радиомодема должен периодически включаться на короткое время для передачи сообщения HELLO
- 9) Использование режима WOR в радиомодеме позволяет
- Исключить возможность перегрева
 - Повысить чувствительность приемника
 - Понизить вероятность ошибки при приеме сообщения
 - Снизить энергопотребление радиомодема
- 10) В чем состоит преимущество использования TBCC кода перед ZTCC
- Снижение накладных расходов при передаче данных за счет некоторого усложнения процедур кодирования и декодирования
 - Упрощение процедур кодирования и декодирования
 - Снижение числа ошибок при передаче данных
 - Возможность использования модуляции M-QAM

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	a
2	b
3	a
4	a
5	b
6	b
7	a
8	c
9	d
10	a

Задания открытого типа

- Сколько поднесущих может использоваться в сигнале 3GPP NB-IoT в нисходящем канале
- Какая максимальная мощность передатчика IEEE 802.11 в диапазоне 2.4 ГГц разрешена в РФ

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	1, 3, 6, 12
2	100 мВт

Задания с развёрнутым ответом

- Опишите возможные методы снижения затрат энергии, необходимой для передачи одного бита информации в радиоканале

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Критерии оценивания
1	<p>Обучающийся правильно перечислил и пояснил возможные методы снижения затрат энергии для передачи одного бита информации в радиоканале – 3 балла</p> <p>Обучающийся в целом правильно перечислил и пояснил возможные методы снижения затрат энергии для передачи одного бита информации в радиоканале. Ответ содержит незначительные неточности – 2 балла</p> <p>Обучающийся недостаточно полно перечислил и пояснил возможные методы снижения затрат энергии для передачи одного бита информации в радиоканале. Ответ не содержит грубых ошибок или неточностей – 1 балл</p> <p>Обучающийся не указал возможные методы снижения затрат энергии для передачи одного бита информации в радиоканале. Ответ содержит грубые ошибки и неточности – 0 баллов</p>

20.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к собеседованию

1. Особенности радиоканалов интернета вещей.
2. Диапазоны частот, используемые для радиоканалов интернета вещей.
3. Виды модуляции, используемые в радиоканалах интернета вещей.
4. Методы снижения затрат энергии, необходимой для передачи одного бита информации в радиоканале.
5. Методы энергосбережения в устройствах интернета вещей.
6. Основные стандарты радиоканалов интернета вещей.
7. Технология LoRa.
8. Технология Sigfox.
9. Технология NB-Fi.
10. Технологии eMTC и EC-GSM-IoT.
11. Технология Wi-Fi HaLow.
12. Технология 3GPP NB-IoT – общие сведения.
13. Структура сигнала в прямом и обратном каналах NB-IoT.
14. Методы модуляции и кодирования в NB-IoT.
15. Методы энергосбережения в NB-IoT.
16. Архитектура сети NB-IoT.
17. Передача данных в режиме non-IP.
18. Структура стандарта 3GPP (в части NB-IoT).
19. Диапазоны частот NB-IoT, в том числе в РФ.
20. Методы разделения радиочастотного спектра с сотовыми сетями LTE и GSM.

Описание технологии проведения

Собеседование производится в форме устного ответа на заданный вопрос. При необходимости преподаватель может задавать уточняющие вопросы.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе промежуточной аттестации.

При оценивании результатов промежуточной аттестации используется количественная шкала оценок по 100 бальной шкале. Полученное значение определяет уровень сформированности компетенций и итоговую оценку (достаточный – зачтено или недостаточный – не зачтено) согласно следующей шкале:

- оценка «зачтено» – 50...100 баллов
- оценка «не зачтено» – 0...49 баллов